

Ключові слова: наплавочний матеріал, шліфування, точіння, абразивний круг, різець, режим різання, пружне переміщення, продуктивність обробки, якість обробки.

Substantiates efficiency machining of contact surfaces with wear-resistant coating materials cones and bowls of blast furnace charging devices. Experimentally proved the effectiveness of the grinding process compared with the process of turning. Theoretically proved the feasibility of deep longitudinal sanding with the creation of the initial tension in the technological system. Efficient technology is developed cylindrical grinding contact surfaces with wear-resistant coating materials.

Keywords: filler, grinding, turning, grinding wheel, cutter, cutting mode, elastic movement, processing performance, the quality of treatment.

УДК 621.983

О. В. КАЛЮЖНИЙ, канд. техн. наук, доц., НТУУ «ХПІ», Київ

ЗМЕНШЕННЯ ЗУСИЛЛЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРИ КОМБІНОВАНОМУ ВИТЯГУВАННІ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ВИРОБІВ

В статті розглянуто порівняльний розрахунковий аналіз процесів комбінованого витягування вісесиметричних виробів в двоконусній матриці та в матриці спеціального профілю. Методом скінченних елементів створені математичні моделі витягування. Адекватність моделей підтверджена існуючими експериментальними даними по витягуванню в двоконусній матриці. Використання матриці спеціального профілю дозволило знизити зусилля формоутворення та величини розтягувальних осевих напружень в стінці заготовки завдяки зменшенню впливу тертя при витягуванні. Зменшення напружень приводить до збільшення ступеню деформації при потоншенні і висоти виробу, який отримується за один перехід

Ключові слова: комбіноване витягування, двоконусна матриця, матриця спеціального профілю, метод скінченних елементів, зусилля витягування, кінцеві розміри виробів.

Вступ. Витягування порожнистих виробів з листових заготовок – широко розповсюджена формоутворююча операція листового штампування. Традиційне витягування вісесиметричних виробів з круглої заготовки, рекомендації по визначенню параметрів для проектування технології, які викладені в джерелах [1-4], вже не відповідають вимогам сучасного виробництва, як по продуктивності штампування так і по точності форми і розмірів виробів. Використання комбінованого витягування в одноконусній і двоконусній матрицях дозволяє збільшити глибину витягування за один перехід та підвищити точність виробів завдяки потоншенню стінки при формоутворенні виробів (рис. 1) [5]. Сутність комбінованого витягування в двоконусних матрицях полягає у розподілі формоутворення виробу на дві стадії. Перша стадія починається деформуванням плоскої листової заготовки 1 діаметром D_3 в верхньому конусі (під кутом α) матриці 2 з подальшим витягуванням заготовки в робочий конус (під кутом β) за допомогою пуансону 3 діаметром D_p . Після першої стадії утворюється конічна чашка. Друга стадія реалізується витягуванням чашки в робочий пояс матриці 2, який має діаметр D_m . Напружено-деформований стан заготовки при комбінованому витягуванні в двоконусній матриці з різними кутами α досліджено в роботі [6]. Встановлені величини кутів, які забезпечують мінімальні величини

розтягувальних напружень в стінці при витягуванні та найменше використання ресурсу пластичності zdeформованого металу. В джерелі [7] показано, що глибину витягування за один перехід можна суттєво збільшити, якщо використати матрицю спеціального профілю, в якій формоутворення виробу виконується по деформуючим поверхням у вигляді тору. При цьому витягування також розділяється на певну кількість стадій. Наступна стадія штампування починається при зменшенні зусилля деформування на попередній. Очевидно, зменшення зусилля при комбінованому витягуванні можна забезпечити, якщо замінити традиційну двоконусну матрицю на матрицю спеціального профілю (рис. 2). У спрофільованій матриці деформуючі поверхні виконані у вигляді тору діаметром d , які послідовно розташовані під кутами α і β . Це приведе до локалізації осередку деформації в заготовці, зменшення контакту заготовки з матрицею та вірогідності втрати стійкості геометричної форми заготовки.

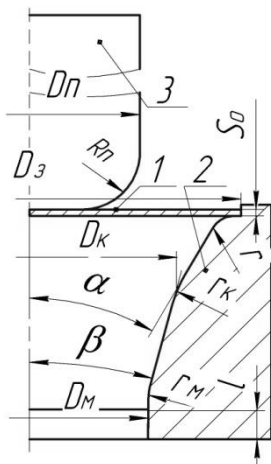


Рис. 1. – Схема комбінованого витягування в двоконусній матриці

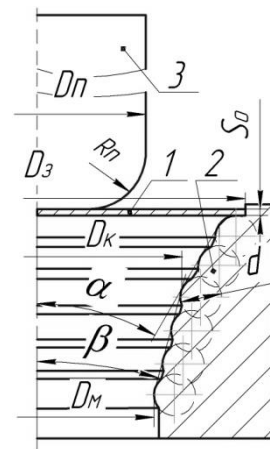


Рис. 2. – Схема витягування в матриці спеціального профілю

Мета роботи. Постановка задачі. Метою роботи є зменшення зусилля деформування і збільшення ступеню деформації за один перехід при комбінованому витягуванні вісесиметричних виробів в двоконусній матриці. Таку задачу можливо вирішити заміною формоутворення заготовки по конічним поверхням деформуванням по поверхням у вигляді тору. Причому, діаметри та послідовність розташування поверхонь повинні бути такими, щоб виключити вірогідність втрати стійкості геометричної форми заготовки на початку витягування, в подальшому забезпечити мінімальний контакт заготовки з матрицею, а також зменшити зусилля деформування при витягуванні заготовки на радіусі заокруглення матриці. Встановити діаметри та послідовність розташування можливо проведенням чисельних експериментів з використанням методу скінченних елементів (МСЕ). Створені математичні моделі повинні враховувати основні фактори, які впливають на процеси комбінованого витягування: конструктивні фактори (геометричну форму пуансону і матриці); технологічні фактори (ступінь деформації, той факт, що не весь об'єм заготовки знаходиться в пластичному стані, швидкість деформування, тип змащення); фізико механічні фактори (пружні властивості,

діаграму істинних напружень і діаграму пластичності металу заготовки). Перед проведенням чисельних експериментів, необхідно перевірити адекватність створених моделей реальним процесам на існуючих експериментальних даних по комбінованому витягуванню в двоконусних матрицях.

Результати досліджень. Для порівняння результатів моделювання і експериментів був проведений розрахунковий аналіз комбінованого витягування круглих заготовок з АМцА-М діаметром $D_3 = 110$ мм і товщиною $S_o = 1,7$ мм (див. рис. 1). Матеріал заготовки і розміри деформуючого інструменту вибрані з роботи [5], в якій приведені дані по залежностях зусилля витягування від переміщення пуансону.

На рис. 3 зображені розрахункові і експериментальні дані по силових режимах, а також формоутворення виробу на проміжних стадіях витягування, яке отримане моделюванням. Вигляд залежностей зусилля витягування від переміщення пуансону, які отримані МСЕ, відповідає експериментальним даним джерела [5] (рис. 3а). Розбіжність в максимальних значеннях зусилля витягування досягає до 7 %. На рис. 3б показане отримання конічної чашки після першої стадії витягування в матриці з кутом $\alpha = 30^\circ$ (при зусиллі 13 кН). Стінка торця напівфабрикату потовщується з товщини $S_o = 1,7$ мм до 2,1 мм.

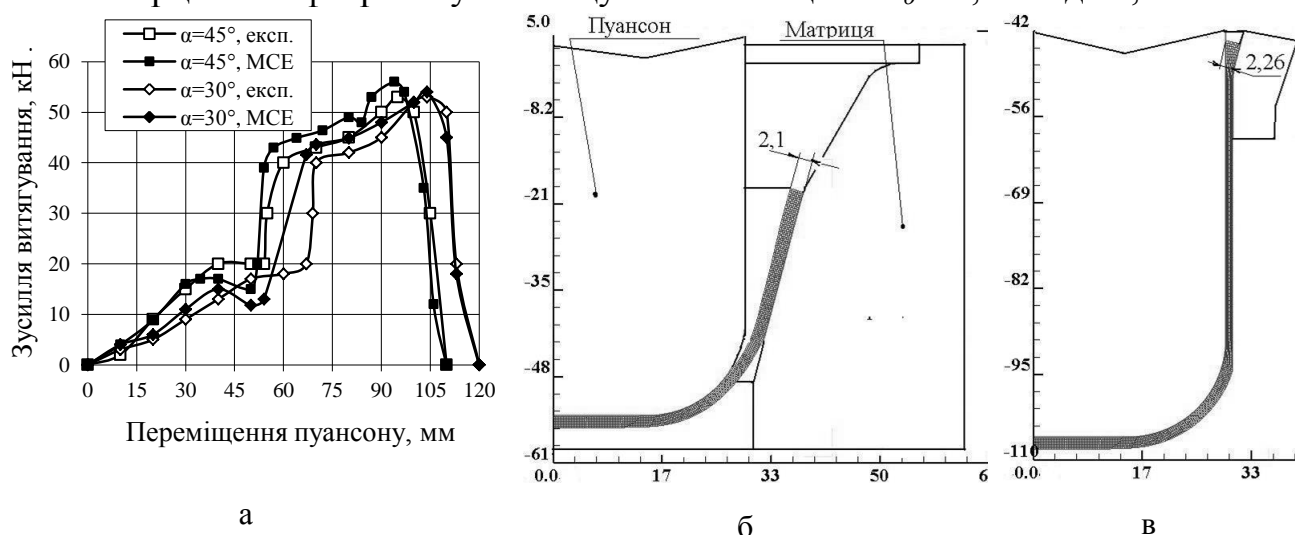


Рис. 3. – Експериментальні і розрахункові дані: а – по зусиллю витягування; форма і розміри виробу; б – після першої; в – другої стадій витягування матриці з $\alpha=30^\circ$. Розміри в міліметрах

Після цієї стадії зусилля витягування починає інтенсивно зростати і досягає максимуму (54,4 кН) на другій стадії – при витягуванні торця заготовки в робочий поясок матриці (рис. 3в). При цьому товщина стінки досягає максимального значення 2,26 мм. Кінцева товщина стінки виробу складає 1 мм. Таким чином, моделі на базі МСЕ достатньо точно описують формоутворення виробів комбінованим витягуванням в двоконусній матриці.

Далі був проведений розрахунковий аналіз витягування заготовок діаметром $D_3=110$ мм товщиною $S_o=1,7$ мм із АМцА-М в двоконусній матриці (див. рис. 1) з діаметром пуансону $D_n=57,4$ і матриці ($\alpha = 30^\circ$, $\beta = 15^\circ$) діаметром $D_m = 60,8$ мм. Односторонній зазор між пуансоном і матрицею був $z = 1,7$ мм. Для порівняння, також був проведений моделювання витягування вказаної

заготовки в матриці спеціального профілю (див. рис. 2). Перший конус матриці складався з трьох поверхонь у вигляді тору діаметром $d = 11$ мм, які розташовані з однаковим кроком під кутом $\alpha = 30^\circ$. Другий конус під кутом $\beta = 15^\circ$ також замінений трьома поверхнями у вигляді тору з $d = 11$ мм та однією поверхнею $d = 30$ мм (радіус заокруглення матриці $r_m = 15$ мм).

На рис. 4 зображені залежності зусилля витягування від переміщення пуансону, які отримані при витягуванні в двоконусній матриці (традиційна матриця) та в матриці спеціального профілю (зпрофільована матриця). При деформуванні заготовок в традиційній та зпрофільованій матрицях вигляди залежностей практично не відрізняються. В обох випадках зусилля досягають максимального значення на початку витягування торця заготовки в робочий пояс матриці. При витягуванні в традиційній матриці максимальна величина зусилля 34 кН, в зпрофільованій – 28,3 кН. Зменшення зусилля в другому випадку склало 16,8 %. При витягуванні у зпрофільованій матриці змінюється схема напруженого стану в заготовці як на початку витягування, так і на кінцевій стадії. Розподіли тангенційних напружень на початку витягування в традиційній і зпрофільованій матрицях показані на рис. 5. В здеформованій заготовці в традиційній матриці в стінці заготовки виникають стискаючі напруження (рис. 5а), на торці стінки отримано -180 МПа. В другому випадку на торці стінки виникають розтягуючі напруження величиною 180 МПа (рис. 5б). Тому при витягуванні в зпрофільованій матриці вірогідність втрати стійкості геометричної форми заготовки значно зменшується.

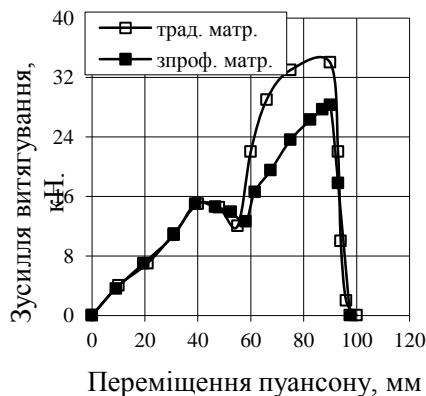


Рис. 4 – Залежності зусилля витягування від переміщення пуансону

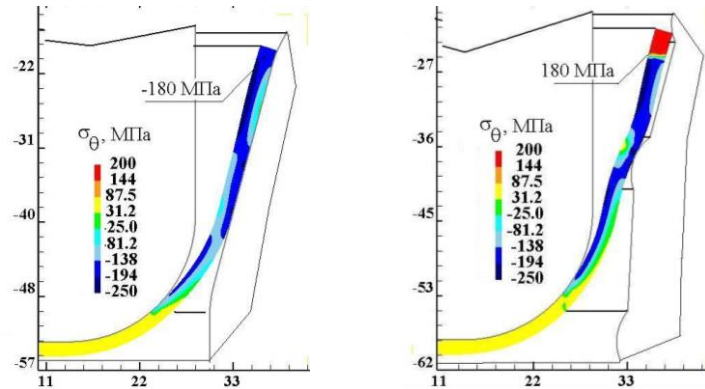


Рис. 5 – Розподіли тангенційних напружень σ_θ в заготовках на початку витягування: а – в традиційній; б – зпрофільованій матрицях. Розміри по вісях в міліметрах

Розподіли осьових напружень σ_z в стінках заготовок при максимальному зусиллі витягування та розподіли ступеню використання ресурсу пластичності ψ в повністю здеформованих заготовках, які отримані витягуванням в традиційній і зпрофільованій матрицях, зображені на рис. 6. Максимальні величини напружень σ_z виникають в стінках при виході металу в зазорі між матрицею і пуансоном. При витягуванні в традиційній матриці $\sigma_z = 60$ МПа (рис. 6а), в зпрофільованій – $\sigma_z = 45$ МПа (рис. 6б). Ступінь використання ресурсу пластичності ψ здеформованого металу при витягуванні в традиційній

матриці вичерпується на половині товщини стінки в місці переходу стінки в донну частину (рис. 6в). При витягуванні в зпрофільованій матриці у вказаному місці аналогічні величини ψ мають тільки поверхневі шари металу.

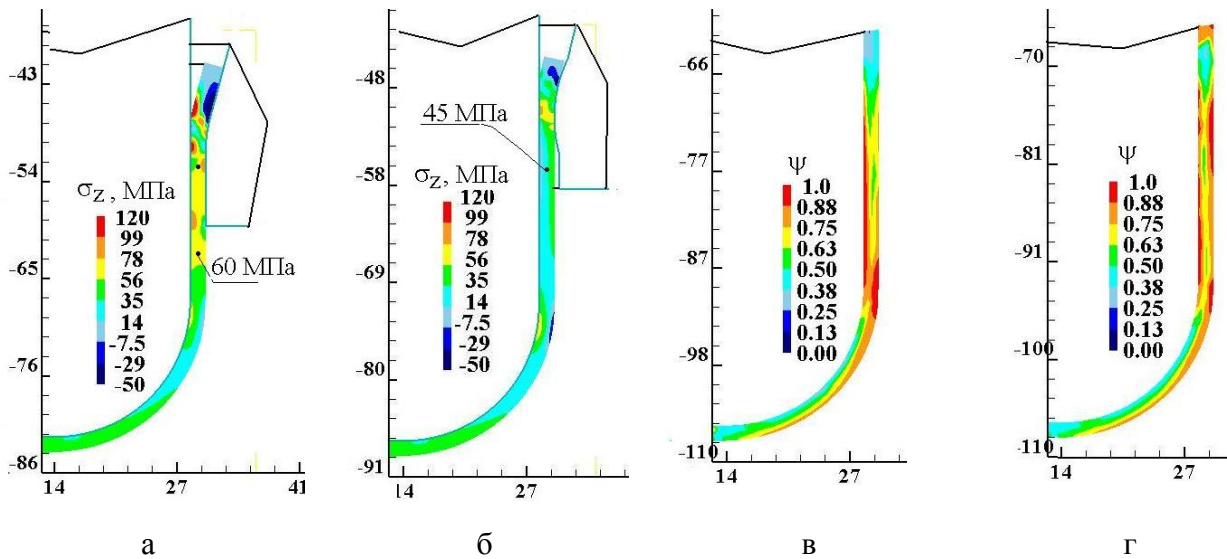


Рис. 6. – Розподіли осьових напружень σ_z при максимальному зусиллі витягування та ступінь використання ресурсу пластичності ψ в zdeформованих заготовках при витягуванні: а і в – в традиційній матриці та б і г – зпрофільованій матриці. Розміри по вісях в міліметрах

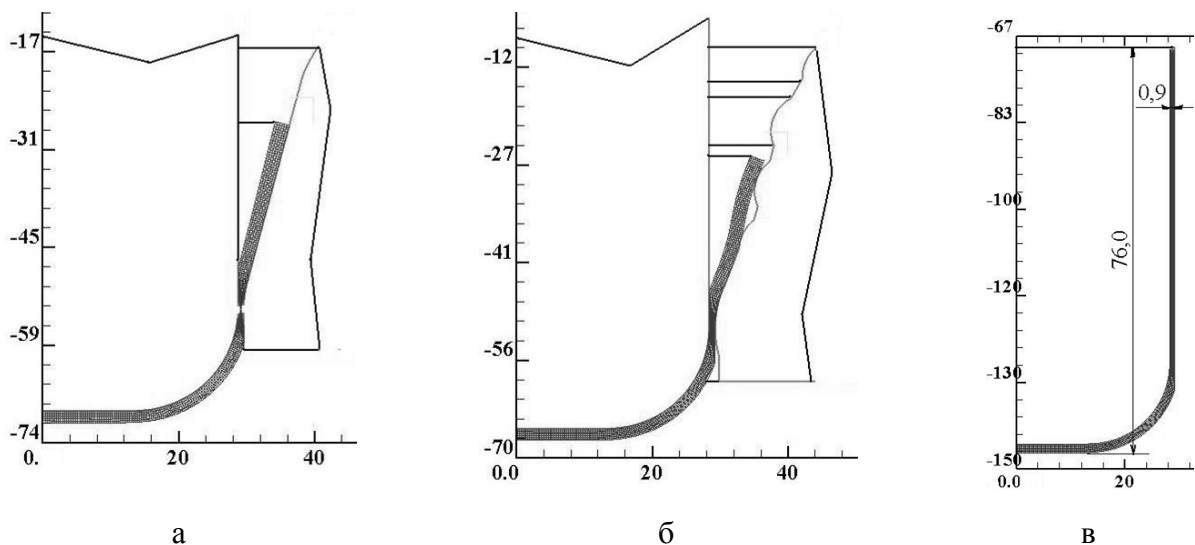


Рис. 7. – Результати розрахунків витягування: а – в традиційній, б – зпрофільованій матрицях та в – з одностороннім зазором $z=0,9$ мм між пуансоном і матрицею. Розміри по вісях в міліметрах

Менші величини напружень σ_z та ресурсу пластичності ψ в стінці заготовки при витягуванні в зпрофільованій матриці відкривають можливості виконати більше потоншення стінки та отримати за один перехід виріб збільшеної висоти. Для підтвердження такої можливості було проведене моделювання витягування в традиційній і зпрофільованій матрицях заготовки з АМцА-М діаметром 110 мм і товщиною 1,7 мм з одностороннім зазором $z = 0,9$ мм між пуансоном і матрицею. Результати розрахунків зображені на рис. 7. При витягуванні в традиційній матриці на початку другої стадії процесу,

при втягуванні заготовки в робочий поясок матриці, проходить відрив донної частини від стінки здеформованої заготовки (рис. 7а). Це пов'язано з вичерпанням ресурсу пластичності здеформованого металу в місці переходу стінки в донну частину заготовки (див. рис. 6в). Витягування в зпрофільованій матриці дозволяє виконувати потоншення стінки з вихідної товщини 1,7 мм до товщини 0,9 мм (рис. 7б). В підсумку отримується виріб висотою 76 мм, який традиційним витягуванням за один перехід отримати неможливо.

Висновки. 1. Методом скінченних елементів створені математичні моделі та проведений розрахунковий аналіз комбінованого витягування в двоконусній матриці і матриці спеціального профілю. 2. Адекватність моделей реальним процесам витягування підтверджена існуючими експериментальними даними по витягуванню в двоконусній матриці. 3. Заміна конічних поверхонь матриці на деформуючі поверхні у вигляді тору, які розташовані під кутом, дозволяє знизити зусилля витягування і величину розтягувальних осевих напружень в стінці заготовки при деформуванні. 4. Зменшення напружень забезпечує зростання ступеню деформації при потонненні і збільшення висоти виробу, що отримується за один перехід.

Список літератури: 1. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. 6-е изд., перераб. и доп. / В. П. Романовский. – Ленингр. отд-ние: Машиностроение. 1979. – 520 с. 2. Ковка и штамповка: Справочник: В 4 т. Т. 4. Листовая штамповка/ Под ред. А.Д. Матвеева; Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985-1987. – 544 с. 3. Аверкиев Ю. А. Холодная штамповка/ Ю. А. Аверкиев. Издательство Ростовского университета, 1984. – 288 с. 4. Аверкиев Ю. А. Технология холодной штамповки / Ю. А. Аверкиев., А. Ю. Аверкиев. – М: Машиностроение, 1989. – 304 с. 5. Валиев С. А. Комбинированная глубокая вытяжка листовых материалов/ С. А. Валиев. – М.: Машиностроение, 1973. – 176 с. 6. Калюжний В. Л. Визначення оптимального кута двоконусної матриці для комбінованого витягування вісесиметричних виробів/ В. Л. Калюжний, А. С. Запорожченко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво), Полтава, НТУ, Вип. 2(37), 2013. – С. 99-105. 7. Калюжний О. В. Зменшення кількості переходів витягування вісесиметричних виробів з використанням матриці спеціального профілю / О. В. Калюжний// Тези доповідей IV Міжнародної конференції «Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості освіти». Київ, 2013. – С. 63-64.

Надійшла до редакції 27.10.2013

УДК 621.983

Зменшення зусилля та підвищення продуктивності формоутворення при комбінованому витягування вісесиметричних виробів / Калюжний О. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 42(1015). – С. 84–90. Бібліогр.: 7 назв.

В статье рассмотрен сравнительный расчетный анализ процессов комбинированной вытяжки осесимметричных изделий в двухконусной матрице и матрице специального профиля. Методом конечных элементов созданы математические модели вытяжки. Адекватность моделей подтверждена существующими экспериментальными данными по вытяжке в двухконусной матрице. Использование матрицы специального профиля позволило снизить усилие формообразования и осевые растягивающие напряжения в стенке заготовки благодаря уменьшению влияния сил трения при вытяжке. Уменьшение напряжений приводит до увеличения степени деформации при утонении и высоты изделия, которое получается за один переход

Ключевые слова: комбинированная вытяжка, двухконусная матрица, матрица специального профиля, метод конечных элементов, усилие вытяжки, конечные размеры изделий

In paper the comparative rated analysis of axisymmetric workpieces combined drawing processes of in double-cone matrix and a special cross-section matrix is observed. Mathematical model of a drawing processes are created by the finite element method. Mathematical model adequacy is confirmed by existing experimental data of the drawing processes in double-cone matrix. Using the special cross-section matrix has allowed to decrease deformation force and axial stretching stresses in a workpieces wall thanks to decrease

of drawing friction effect. Stresses decreasing leads to increase a thinning deformation ratio and workpiece height.

Keywords: combined drawing, double-cone matrix, special cross-section matrix, FEM, drawing force, finite dimensions of the detail.

УДК 621.923

О. С. КЛЕНОВ, канд. техн. наук, фирма «ДиМерус Инженеринг» ТОВ, Харьков;

Ф. В. НОВИКОВ, докт. техн. наук, ХНЭУ, Харьков;

А. Г. КРЮК, канд. техн. наук, ХНЭУ, Харьков.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРЕССИВНЫХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

В работе обобщен опыт практического использования на машиностроительных предприятиях Украины современных лезвийных инструментов, в том числе с износостойкими покрытиями в условиях высокоскоростного резания. Приведенные результаты показывают, что появление на рынке инструментов производства фирм «Tungaloy» и «ISCAR» открывает новые технологические возможности повышения производительности и снижения себестоимости обработки при одновременном улучшении качества обрабатываемых поверхностей.

Ключевые слова: процесс резания, лезвийный инструмент, твердый сплав, обрабатываемая деталь, производительность обработки, стойкость инструмента

Введение. Повышение производительности и качества обработки деталей машин является важнейшим условием создания конкурентоспособной машиностроительной продукции. Поэтому изыскание новых технологических возможностей механической обработки является актуальной задачей машиностроения. В успешном решении данной задачи важная роль принадлежит применению новых прогрессивных режущих инструментов, обладающих высокой режущей способностью и стойкостью, обеспечивающих снижение силовой и тепловой напряженности процесса резания и соответственно повышение производительности и качества обработки. Значительный интерес в этом плане представляют инструменты, производимые ведущими зарубежными фирмами, которые поставляются в Украину и Россию. В связи с этим, важно располагать данными о технологических возможностях указанных инструментов применительно к обработке конкретных деталей машин.

Анализ последних достижений и литературы. В работах [1, 2] приведены результаты экспериментальных исследований основных параметров процесса резания традиционными лезвийными инструментами. Для оценки возможностей повышения эффективности процесса резания сравним основные показатели обработки, достигаемые при использовании инструментов отечественного и зарубежного производства. Это позволит научно обоснованно подойти к выбору наиболее эффективных инструментов и оценке их технологических возможностей.